

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-226471

(43)Date of publication of application : 16.08.1994

(51)Int.Cl.

B23K 26/00

A61B 17/36

A61F 9/00

A61F 9/00

(21)Application number : 05-034061

(71)Applicant : NIDEK CO LTD

(22)Date of filing : 29.01.1993

(72)Inventor : NAKAMURA HIROTSUGU

(54) ABRASION DEVICE AND ITS METHOD BY LASER BEAM

(57)Abstract:

PURPOSE: To facilitate calibration by a change in abrasion rate by calculating the abrasion rate in accordance with the comparison of inputted first optical characteristics and second optical characteristics and calibrating the driving information of the device.

CONSTITUTION: A transparent flat plate is arranged in a prescribed position and an aspherical (or spherical) lens face is formed on the surface of this transparent flat plate by controlling the operation of a plane mirror and aperture. The lens face is so formed that the boundary between a medium A and a medium B constitutes the aspherical lens by defining the refractive index of the medium A as n and the refractive index of the medium B as n' . The depth d at an arbitrary point C on the aspherical face and the diameter W thereof satisfy equation of this aspherical lens. In the equation, f is the focal length of the lens. As a result, the depth d is determined at integer times the abrasion rate and the size of the diameter of the aperture is so controlled that the diameter W of the projected image of the aperture at the respective abrasion depths satisfies specific equation, by which the lens face is formed on the surface of the transparent flat plate.



$$W^2 = 1 \cdot (n^2 - n'^2) \cdot d^2 + 2n^2 \cdot (n - n') \cdot f \cdot d / n'^2$$

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

22.08.1996

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

2809959

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-226471

(43)公開日 平成6年(1994)8月16日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	片内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 3 K 28/00	A	7425-4E		
	M	7425-4E		
A 6 1 B 17/36	3 5 0	7507-4C		
A 6 1 F 9/00	3 1 1	8119-4C		
	3 2 3	8119-4C		

審査請求 未請求 請求項の数 9 F D (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平5-34061

(22)出願日 平成5年(1993)1月29日

(71)出願人 000135184

株式会社ニデック

愛知県瀬西市栄町7番9号

(72)発明者 中村 拓也

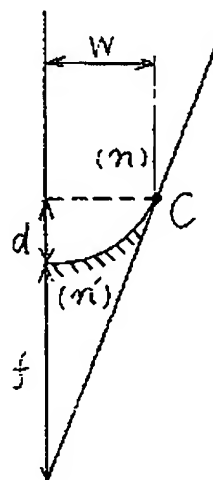
愛知県瀬西市給石町前浜34番地14 株式会社ニデック 給石工場内

(54)【発明の名称】 レーザビームによるアブレーション装置およびその方法

(57)【要約】 (修正有)

【目的】 アブレーションレートの変化による校正を容易に行うことができるレーザビームによるアブレーション装置を提供する。

【構成】 加工目的物のアブレーションレートに対して既知のアブレーションレートを待つレート基準物と、該レート基準物に対して第1の光学特性を待つ曲面を形成すべく前記制御手段19に指示する指示手段と、該制御手段の制御に基づいて実際に形成されたレート基準物の曲面の第2の光学特性を測定する測定手段と、該測定手段により測定された第2の光学特性を入力する入力手段と、該入力手段により入力された第2の光学特性と前記第1の光学特性の比較に基づいて加工目的物に対するアブレーションレートを算出し装置の駆動情報を校正する校正手段と、を待つことを特徴とする。



(2)

特開平6-226471

1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 加工目的物を所期する形状にアブレーションするためにレーザビームを供給するレーザビーム供給手段と、レーザビームを加工目的物まで導光する導光光学系と、加工目的物に対してアブレーションする領域を変える領域変更手段と、該領域変更手段の動作を制御する制御手段とを有するアブレーション装置において、前記加工目的物のアブレーションレートに対して既知のアブレーションレートを持つレート基準物と、該レート基準物に対して第1の光学特性を持つ曲面を形成すべく前記制御手段に指示する指示手段と、前記制御手段の制御に基づいて実際に形成されたレート基準物の曲面の第2の光学特性を測定する測定手段と、該測定手段により測定された第2の光学特性を入力する入力手段と、該入力手段により入力された第2の光学特性と前記第1の光学特性の比較に基づいて加工目的物に対するアブレーションレートを算出し装置の駆動情報を校正する校正手段と、を持つことを特徴とするレーザビームによるアブレーション装置。

【請求項2】 請求項1の領域変更手段は開口径が可変のアパーチャであることを特徴とするレーザビームによるアブレーション装置。

【請求項3】 請求項1のレート基準物は透光物であることを特徴とするレーザビームによるアブレーション装置。

【請求項4】 請求項3のレート基準物はPMMA製であることを特徴とするレーザビームによるアブレーション装置。

【請求項5】 請求項1の測定手段は屈折特性を測定するレンズメータであることを特徴とするレーザビームによるアブレーション装置。

【請求項6】 請求項1のレーザビームによるアブレーション装置は角膜の曲率を変える角膜手術装置であることを特徴とするレーザビームによるアブレーション装置。

【請求項7】 レーザビームによるアブレーション領域を変化させることにより、加工目的物を所期する形状にアブレーションする方法において、加工目的物のアブレーションレートに対して既知のアブレーションレートを持つレート比較物をレーザビームの光路に置く過程と、該レート基準物に対して第1の光学特性を持つ曲面を形成すべく制御して前記レート比較物に曲面を形成する過程と、該レート基準物に実際に形成された曲面の第2の光学特性を測定する過程と、測定された第2の光学特性を入力する過程と、入力された第2の光学特性と前記第1の光学特性の比較から加工目的物に対するアブレーションレートを算出する過程と、算出されたアブレーションレートに基づいて装置の駆動情報を校正する校正過程と、校正された駆動情報に基づいて加工目的物を加工する過程とからなることを特徴とするレーザビームによる

アブレーション方法。

【請求項8】 請求項7のレート基準物は透光物であることを特徴とするレーザビームによるアブレーション方法。

【請求項9】 請求項1の第2の光学特性を測定する過程はレンズメータによる屈折特性の測定であることを特徴とするレーザビームによるアブレーション方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10 【産業上の利用分野】本発明は、レーザビームにより対象物をアブレーションする装置および方法に係り、殊に角膜をアブレーションしその屈折力を矯正する装置および方法に関する。

【0002】

【従来の技術】レーザビームで対象物をアブレーションする加工装置が知られている。微細加工用のレーザとしては主としてエキシマレーザ（ことに193nmのArFレーザ）が適しているが、ヤグレーザ等の高調波を利用することも試みられている。微細加工装置としては、角膜の表面をアブレーションしその曲率を変化させることによって眼球の屈折異常を矯正しようとする装置が知られている。この装置ではアブレーション領域が均一な深さになるように制御されることが重要である。そこで、従来からこの均一な深さのアブレーションを行うために、種々の方法が採用されている。本出願人もこの目的のために、特開平2-416767号において1つの提案をしている。すなわち、1方向にほぼ均一でそれと直交方向がガウス分布であるエキシマレーザビームにおいて光学素子を用いてガウス分布方向にスキャンさせ、均一の深さのアブレーションを行うものである。このような均一の深さにアブレーションする角膜手術装置は、可変アパーチャ、可変スリットにより照射領域を制限し、その照射領域を制御することにより所期する曲率の角膜形状に形成して、近視や乱視など角膜の屈折異常を矯正する。

【0003】

【発明が解決すべき課題】しかしながら、1ショット（後述する実施例記載の方式の場合は1スキャン）当たりのアブレーション深さ（本明細書ではこれをアブレーションレートという）は被加工物の種類、レーザ出力およびその他の加工環境等の要因により微妙に変化する。エキシマレーザでは、レーザを継続して動作させたときのアブレーションレートはほぼ一定だと考えても差支えないが、加工環境が異なると同一のレーザ出力でもアブレーションレートはしばしば変化する。しかしながら、このアブレーションレートの変化は、厳密な深さ制御を要する加工装置、ことに角膜を所期する一定の形状に形成する装置にとっては致命的である。アブレーションレートの変化は、角膜を所期するものとは異なった形状に形成してしまうからである。ところが、アブレーション

(3)

特開平6-226471

3

レート、殊に角膜等の透明体のアブレーションレートの測定は困難である。また、アブレーションレートの測定自体は可能だとしても、アブレーションする都度に電子顕微鏡等を使ってアブレーションレートを測定するのは煩雑であり、コスト的にも到底堪え難い。本発明は、上記問題点に鑑み案出されたもので、アブレーションレートの変化による較正を容易に行うことができるレーザビームによるアブレーション装置及びその方法を提供することを技術課題とする。

【0004】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明は次のような特徴を有している。

(1) 加工目的物を所期する形状にアブレーションするためにレーザビームを供給するレーザビーム供給手段と、レーザビームを加工目的物まで導光する導光光学系と、加工目的物に対してアブレーションする領域を変える領域変更手段と、該領域変更手段の動作を制御する制御手段とを有するアブレーション装置において、前記加工目的物のアブレーションレートに対して既知のアブレーションレートを持つレート基準物と、該レート基準物に対して第1の光学特性を持つ曲面を形成すべく前記制御手段に指示する指示手段と、該制御手段の制御に基づいて実際に形成されたレート基準物の曲面の第2の光学特性を測定する測定手段と、該測定手段により測定された第2の光学特性を入力する入力手段と、該入力手段により入力された第2の光学特性と前記第1の光学特性の比較に基づいて加工目的物に対するアブレーションレートを算出し装置の駆動情報を較正する較正手段と、を持つことを特徴とする。

【0005】(2) レーザビームによるアブレーション領域を変化させることにより、加工目的物を所期する形状にアブレーションする方法において、加工目的物のアブレーションレートに対して既知のアブレーションレートを持つレート比較物をレーザビームの光路に置く過程と、該レート基準物に対して第1の光学特性を持つ曲面を形成すべく制御して前記レート比較物に曲面を形成する過程と、該レート基準物に実際に形成された曲面の第2の光学特性を測定する過程と、測定された第2の光学特性を入力する過程と、入力された第2の光学特性と前記第1の光学特性の比較から加工目的物に対するアブレーションレートを算出する過程と、算出されたアブレーションレートに基づいて装置の駆動情報を較正する較正過程と、較正された駆動情報に基づいて加工目的物を加工する過程とからなることを特徴とする。

【0006】

【実施例1】以下、本発明の実施例について図面に基づいて説明する。図1は角膜アブレーション装置の構成図である。その光学系は本出願人による特願平2-416767号のアブレーション装置を採用している。10はエキシマレーザ光源であり、そのレーザ光源から出射さ

4

れるレーザビームの断面形状は、図2に示すように、ビームの水平方向(x軸方向)の強度分布がほぼ均一な分布F(W)で、垂直方向(y軸方向)の強度分布がガウシアン分布(ガウス分布)F(H)となっている。1

1、12、15は平面ミラーでレーザビームを90°偏向するためのものであり、レーザ光源10より水平方向に出射されたレーザビームは、平面ミラー11により上方へ90°偏向され、平面ミラー12で再び平行方向に偏向される。平面ミラー12は2軸方向に平行移動し、ビームをガウシアン分布方向に平行移動する。平面ミラー12はレーザパルスに同期して移動させるが、ある位置で1パルス又は数パルス照射後に平面ミラー12を次の位置に移動させ、再び1パルス又は数パルス照射後ミラー12を移動させる。この動作を所定の間隔でアパーチャ13の開口の1端から他端まで繰返し、そのパルスを重ね合わせると(図3のa~d参照)、図3の(e)のように、ほぼ均一な深さのアブレーションを行うことができる。なお、平面ミラー12の移動量は、縦アブレーション量、要求される均一性の程度やビームの強度・強度分布等の各要素の相関関係で決まる。

【0007】13はアブレーション領域を限定するアパーチャで、開口径を変えることができる。14はアパーチャ12を眼球角膜16の上に投影する投影レンズである。投影レンズ14に対してアパーチャ13と眼球角膜16は共役な位置関係にあり、投影レンズ14はアパーチャ13の像を眼球角膜16上で結び、そのアブレーション領域を限定することになっている(アパーチャ13は角膜の直前に置いてほぼ同様な効果が得られる)。投影レンズ14を通ったレーザビームは平面ミラー15で下方に偏向され、眼球角膜16へ到達する。眼球角膜16は装置の光学系に対して所定の位置関係にくるように位置決めされている(位置決め手段については特に図示しないが、光学系全体をXY方向およびZ軸方向に移動させても良いし、手術眼を移動させても良い)。本出願人が特願平4-286999号(発明の名称「レーザビームのアブレーション装置」)で提案したように、光路中にイメージローテータを配置して、ビームの方向を回転させることにより、レーザ共振器調整不良等による強度分布のバラツキの問題を解決することができる。

【0008】17はドライブモータ、18は検出器、19は制御装置である。20は角膜をアブレーションするための各データを入力したり、操作を指示するための入力装置である。21は眼鏡レンズの屈折度数を測定するレンズメータであり、アブレーションされた透明平板22の屈折度数を測定する。測定された屈折度数は操作者により入力装置20を介して制御装置19に入力される。なお、測定された屈折度数はスイッチの操作により自動的に入力するようにしても良い。レンズメータとしては周知の各種のレンズメータ、例えば本出願人が製造販売するレンズメータLM-100等を使用することが

(4)

特開平6-226471

5

6

可能であるので、その説明は省略する。以上のような構成の装置において、アブレーションレートの変動に対する較正について説明する。PMMMAからなる透明平板22を所定の位置に配置して、平面ミラー12およびアパーチャ13の動作を制御して透明平板22の表面に非球面（または球面）のレンズ面を作る（図4参照）。一般にAなる媒質の屈折率を n とし、Bなる媒質の屈折率を n' とし、媒質Aと媒質Bの境界を非球面レンズ面となるようにする（図5参照）。この非球面レンズは、面上の任意の点Cの深さ d と径 w は次の関係式を満足する。

$$w^2 = \{ (n^2 - n'^2) d^2 + 2 n' (n - n') f d \} / n'^2$$

したがって、深さ d をアブレーションレートの整数倍にとり、各アブレーション深さにおけるアパーチャの投影像の径 w が上式を満足するようにアパーチャ13の径の大きさを制御することによって、透明平板表面にレンズ面を形成することができる。仮に、アブレーションレートが基準値（設計値）と一致するならば、任意の焦点距離 f のレンズ面を上式を満足するようにアパーチャ13の動きを制御するだけで自由に作り出すことができる。ところが、実際のアブレーションレートが基準値とずれたまま透明平板を加工した場合、その形成されたレンズ度数の変化は次のようにして求めることができる。前述の式をレンズ度数 D （ $1/f$ ）についての式に書換えると、

【数1】

$$D = \frac{2n'(n-n')d}{n^2W^2 - (n^2 - n'^2)d^2}$$

となる。この式において、 w を d に対して十分大きくすると、 $n'^2 w^2$ は $(n^2 - n'^2) d^2$ に対して十分大きいので、

【数2】

$$D = \frac{2n'(n-n')}{n^2W^2} d$$

に近似され、レンズ屈折度数の大きさはアブレーション深さ d と比例する。つまり、アブレーションレートの変化率とレンズ屈折度数の変化率は一致することになる。したがって、透明平板22に形成された屈折度数を測定して、その測定値をアブレーションレートが基準値のときに形成される屈折度数と比較することにより、現在のアブレーションレートを知ることができる。すなわち、レンズメートル21により測定された屈折度数は、入力装

10

20

30

40

50

置20により制御装置19に入力される。制御装置19はレンズ度数の変化率からアブレーションレートの変化率を演算する。被加工物と透明平板の各アブレーションレートには、被加工物の材質（動物の種類）の違い等に応じて、一定の関係が認められる。本発明者の豚眼や兎眼等を使った実験によれば、それらのアブレーションレートはPMMMAの透明平板22のアブレーションレートに対する2～3倍程度という値が得られている。したがって、制御装置内に記憶された透明平板20に対する被加工物のアブレーションレートの関係、および前記演算されたアブレーションレートの変化率とから、被加工物に対する現在のアブレーションレートを知ることができる。また、被加工物の基準アブレーションレートを記憶し、これに対して前述のレンズ度数の変化率を単純に掛けても通常の場合良い。このようにして、現在のアブレーションレートが得られると、装置の制御を次のような方法で較正する。第一の較正方法は、前述のようにアパーチャの径が切除深さに対する関数として表現されるときは、現在のアブレーションレートの整数倍における各アパーチャの径を演算して、その演算結果に基づいてアパーチャを制御する方法である。第二の較正方法は、一定の深さになるまでレーザパルスを重ね打ちする場合、加工深さをアブレーションレートで割ることにより重ね打ちするパルス数を決定する方法である。勿論重ね打ちするパルス数を変化率で割っても良い。角膜の疾患部の部分除去に使用できる。第三の較正方法は、アブレーションレートは一定の範囲内ではレーザの出力自体を調整することによって一定にできるので、測定されたアブレーションレートに基づいてレーザの出力自体を調整する方法である。以上の実施例は種々の変容が可能であり、例えば、透明平板の代りに非透過物を使用し、コリメータ等による反射焦点距離の計測でも勿論良い。

【0009】

【発明の効果】本発明によれば、レーザの現実のアブレーションレートを極めて容易に知ることができるので、これを較正データとして使用することにより目的物を正確に加工できる。また、アブレーションレートの変動を屈折度数に対する変化率として得ることができるので、角膜の屈折矯正等曲面の形成への影響を的確に把握できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例である角膜アブレーション装置の構成図である。

【図2】エキシマレーザのエネルギー分布の例を説明する図である。

【図3】平面ミラー12の移動による均一な深さのアブレーションを説明する図である。

【図4】PMMMAの透明平板22に形成された非球面のレンズ面を示す図である。

【図5】アブレーションレートの変動の屈折度数に対す

(5)

特開平6-226471

8

る影響を説明する図である。

【符号の説明】

10 エキシマレーザ光源

12 平面ミラー

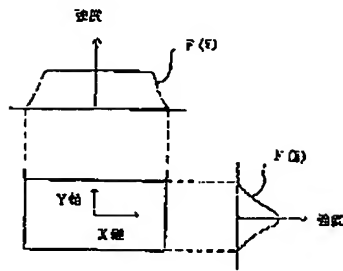
* 13 アパーチャ

14 投影レンズ

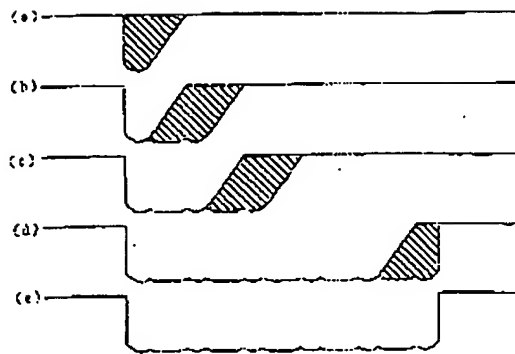
19 制御装置

* 21 レンズメータ

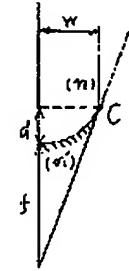
【図2】



【図3】



【図5】



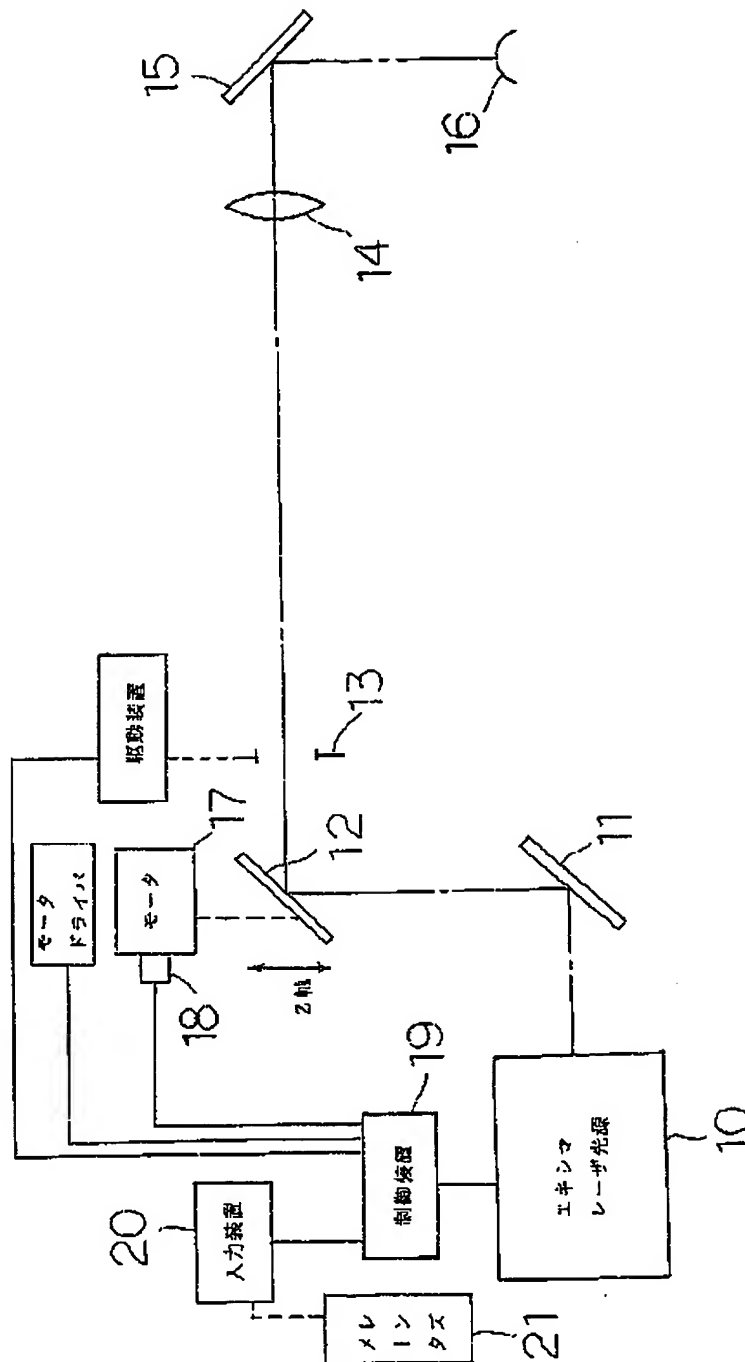
【図4】



特開平6-226471

(5)

【図1】



(7)

特開平6-226471

【手続補正音】

【提出日】平成6年1月31日

【手続補正1】

【補正対象音類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正内容】

【0008】17はドライブモータ、18は検出器、19は制御装置である。20は角膜をアブレーションするための各データを入力したり、操作を指示するための入力装置である。21は眼鏡レンズの屈折度を測定するレンズメータであり、アブレーションされた透明平板22の屈折度を測定する。測定された屈折度は操作者により入力装置20を介して制御装置19に入力される。なお、測定された屈折度はスイッチの操作により自動的に入力するようにしても良い。レンズメータとしては周知の各種のレンズメータ、例えば本出願人が製造販売するレンズメータLM-100等を使用することが可能であるので、その説明は省略する。以上のような構成の装置において、アブレーションレートの変動に対する校正について説明する。PMMAからなる透明平板22を所定の位置に配置して、平面ミラー12およびアパーチャ13の動作を制御して透明平板22の表面に非球面（または球面）のレンズ面を作る（図4参照）。一般にAなる媒質の屈折率を n とし、Bなる媒質の屈折率を n' とし、媒質Aと媒質Bの境界を非球面レンズ面となるようにする（図5参照）。この非球面レンズは、面上の任意の点Cの深さ d と径 w は次の関係式を満足する。 f は焦点距離である。なお、本装置により形成される境界面は厳密には階段状であるが、非球面レンズ面に近似しており、市販のレンズメータにおいてもレンズ面として屈折度を測定できる。

$$w^2 = \{ (n^2 - n'^2) d^2 + 2 n' (n - n') f d \} / n'^2$$

したがって、深さ d をアブレーションレートの整数倍にとり、各アブレーション深さにおけるアパーチャの投影像の径 w が上式を満足するようにアパーチャ13の径の大きさを制御することによって、透明平板表面にレンズ面を形成することができる。仮に、アブレーションレートが基準値（設定値）と一致するならば、任意の焦点距離 f のレンズ面を上式を満足するようにアパーチャ13の動きを制御するだけで自由に作り出すことができる。ところが、実際のアブレーションレートが基準値とずれたまま透明平板を加工した場合、その形成されたレンズ度数の変化は次のようにして求めることができる。前述の式をレンズ度数 D （ $1/f$ ）についての式に垂換えると、

【数1】

$$D = \frac{2 n' (n - n') d}{n'^2 w^2 - (n^2 - n'^2) d^2}$$

となる。この式において、 w を d に対して十分大きくすると、 $n'^2 w^2$ は $(n^2 - n'^2) d^2$ に対して十分大きいので、

【数2】

$$D = \frac{2 n' (n - n')}{n'^2 w^2} d$$

に近似され、レンズ屈折度数の大きさはアブレーション深さ d と比例する。つまり、アブレーションレートの変化率とレンズ屈折度数の変化率は一致することになる。したがって、透明平板22に形成された屈折度を測定して、その測定値をアブレーションレートが基準値のときに形成される屈折度数と比較することにより、現在のアブレーションレートを知ることができる。すなわち、レンズメータ21により測定された屈折度は、入力装置20により制御装置19に入力される。制御装置19はレンズ度数の変化率からアブレーションレートの変化率を演算する。被加工物と透明平板の各アブレーションレートには、被加工物の材質（動物の種類）の違い等に応じて、一定の関係が認められる。本発明者の豚眼と兎眼等を使った実験によれば、それらのアブレーションレートはPMMAの透明平板22のアブレーションレートに対する2～3倍程度という値が得られている。したがって、制御装置内に記憶された透明平板22に対する被加工物のアブレーションレートの関係、および前記演算されたアブレーションレートの変化率とから、被加工物に対する現在のアブレーションレートを知ることができる。また、被加工物の基準アブレーションレートを記憶し、これに対して前述のレンズ度数の変化率を単純に掛けても通常の場合良い。このようにして、現在のアブレーションレートが得られると、装置の制御を次のような方法で校正する。第一の校正方法は、前述のようにアパーチャの径が切除深さに対する関数として表現されるときは、現在のアブレーションレートの整数倍における各アパーチャの径を演算して、その演算結果に基づいてアパーチャを制御する方法である。第二の校正方法は、一定の深さになるまでレーザパルスを重ね打ちする場合は、加工深さをアブレーションレートで割ることにより重ね打ちするパルス数を決定する方法である。勿論重ね打ちするパルス数を変化率で割っても良い。第三の校正方法は、アブレーションレートは一定の範囲内ではレーザの出力自体を調整することによって一定にできるので、測定されたアブレーションレートに基づいてレーザの出力自体を調整する方法である。以上の実施例は種々の変容が可能であり、例えば、透明平板の代りに非透過